

# Storage

D. Leeuw

2 februari 2023

v.0.1.2



© 2021 Dennis Leeuw

Dit werk is uitgegeven onder de Creative Commons BY-NC-SA Licentie en laat anderen toe het werk te kopiëren, distribueren, vertonen, op te voeren, en om afgeleid materiaal te maken, zolang de auteurs en uitgever worden vermeld als maker van het werk, het werk niet commercieel gebruikt wordt en afgeleide werken onder identieke voorwaarden worden verspreid.

# Over dit Document

Dit document behandelt de opslag van data op de verschillende opslag-systemen voor het middelbaar beroepsonderwijs in Nederland.

## Versienummering

Het versienummer van elk document bestaat uit drie nummers gescheiden door een punt. Het eerste nummer is het major-versie nummer, het tweede nummer het minor-versienummer en de laatste is de nummering voor bug-fixes.

Om met de laatste te beginnen als er in het document slechts verbeteringen zijn aangebracht die te maken hebben met type-fouten, websites die niet meer beschikbaar zijn, of kleine foutjes in de opdrachten dan zal dit nummer opgehoogd worden. Als docent of student hoeft je je boek niet te vervangen. Het is wel handig om de wijzigingen bij te houden.

Als er flink is geschreven aan het document dan zal het minor-nummer opgehoogd worden, dit betekent dat er bijvoorbeeld plaatjes zijn vervangen of geplaatst/weggehaald, maar ook dat paragrafen zijn herschreven, verwijderd of toegevoegd, zonder dat de daadwerkelijk context is veranderd. Een nieuw cohort wordt aangeraden om met deze nieuwe versie te beginnen, bestaande cohorten kunnen doorwerken met het boek dat ze al hebben.

Als het major-nummer wijzigt dan betekent dat dat de inhoud van het boek substantieel is gewijzigd om bijvoorbeeld te voldoen aan een nieuw kwalificatiedossier voor het onderwijs. Een nieuw major-nummer betekent bijna altijd voor het onderwijs dat men in het nieuwe schooljaar met deze nieuwe versie aan de slag zou moeten gaan. Voorgaande versies van het document zullen nog tot het einde een schooljaar onderhouden worden, maar daarna niet meer.

## Document ontwikkeling

Het doel is door middel van open documentatie een document aan te bieden aan zowel studenten als docenten, zonder dat hier hoge kosten aan verbonden zijn en met de gedachte dat we samen meer weten dan alleen. Door samen te werken kunnen we meer bereiken.

Bijdragen aan dit document worden dan ook met alle liefde ontvangen. Let u er wel op dat materiaal dat u bijdraagt onder de CC BY-NC-SA licentie vrijgegeven mag worden, dus alleen origineel materiaal of materiaal dat al vrijgegeven is onder deze licentie.

De eerste versie is geschreven voor het ROC Horizon College.

| Versienummer | Auteurs      | Verspreiding      | Wijzigingen |
|--------------|--------------|-------------------|-------------|
| 0.1.0        | Dennis Leeuw | Initieel document |             |

Tabel 1: Document wijzigingen

# Inhoudsopgave

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Over dit Document</b>                                | <b>i</b>  |
| <b>1 Inleiding</b>                                      | <b>1</b>  |
| <b>2 Storage devices</b>                                | <b>3</b>  |
| 2.1 Block devices . . . . .                             | 3         |
| 2.1.1 Harddisks . . . . .                               | 3         |
| 2.1.2 SSD - Solid State Drive . . . . .                 | 4         |
| 2.1.3 USB-sticks . . . . .                              | 4         |
| 2.1.4 JOBD - Just a Bunch Of Disks . . . . .            | 4         |
| 2.2 interfaces . . . . .                                | 4         |
| 2.2.1 IDE - Integrated Drive Electronics . . . . .      | 4         |
| 2.2.2 SATA - Serial ATA . . . . .                       | 4         |
| 2.2.3 SCSI - Small Computer Systems Interface . . . . . | 4         |
| 2.2.4 SAS - Serial Attached SCSI . . . . .              | 6         |
| 2.2.5 USB - Universal Serial Bus . . . . .              | 6         |
| <b>3 Bestandssystemen</b>                               | <b>7</b>  |
| 3.1 FAT - File Allocation Table . . . . .               | 7         |
| 3.2 Journaling filesystem . . . . .                     | 7         |
| <b>4 Backup</b>   | <b>9</b>  |
| 4.1 LTO - Linear Tape Open . . . . .                    | 9         |
| <b>5 RAID</b>   | <b>11</b> |
| 5.1 RAID0 . . . . .                                     | 11        |
| 5.2 RAID1 . . . . .                                     | 11        |
| 5.3 RAID5 . . . . .                                     | 11        |
| <b>6 DAS en JBOD</b>                                    | <b>13</b> |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>7</b>  | <b>Network Fileserver</b>                  | <b>15</b> |
| 7.1       | NFS - Network File System . . . . .        | 15        |
| 7.1.1     | Security . . . . .                         | 16        |
| 7.1.2     | Interoperability . . . . .                 | 16        |
| 7.2       | SMB - Server Message Block . . . . .       | 16        |
| 7.2.1     | Security . . . . .                         | 17        |
| 7.2.2     | Interoperability . . . . .                 | 17        |
| 7.2.3     | Roaming profiles . . . . .                 | 17        |
| 7.3       | NAS - Network Attached Storage . . . . .   | 17        |
| 7.3.1     | Opdracht - TrueNAS . . . . .               | 17        |
| 7.4       | Failover in a Heartbeat . . . . .          | 18        |
| <br>      |  |           |
| <b>8</b>  | <b>SAN - Storage Attached Network</b>      | <b>21</b> |
| 8.1       | Redunantie . . . . .                       | 21        |
| 8.2       | Fibre Channel . . . . .                    | 22        |
| 8.3       | iSCSI . . . . .                            | 23        |
| <br>      |  |           |
| <b>9</b>  | <b>Object Storage</b>                      | <b>25</b> |
| <br>      |  |           |
| <b>10</b> | <b>Web storage</b>                         | <b>27</b> |
| 10.1      | webdav . . . . .                           | 27        |
| 10.2      | Amazon S3 bucket . . . . .                 | 28        |
| 10.3      | Google Drive . . . . .                     | 28        |
| 10.4      | One Drive & Microsoft Azure BLOB . . . . . | 28        |

# Hoofdstuk 1

## Inleiding

Onder Storage verstaan we het aanbieden van opslagcapaciteit op opslag-systemen. Dit kan op harddisks in het systeem zijn op een fileserver die gekoppeld is aan het netwerk.

Door een bestandssysteem over het netwerk aan te bieden kan elk systeem dat het netwerk-protocol spreekt gebruik maken van de data, waarmee het delen van bestanden tussen verschillende systemen overbrugt wordt.

Met de opkomst van het Internet en speciaal het web (HTTP) zijn we data (documenten, plaatjes en filmpjes) met elkaar gaan delen, bijna elk apparaat spreekt tegen woorden HTTP of HTTPs en HTML (de opmaak taal van webdocumenten) en daarmee is een belangrijkdeel van de documenten ontsloten voor de hele wereld.

Dit document beschrijft de verschillende opslagsystemen en de technieken om deze systemen te koppelen en toegankelijk te maken.





# Hoofdstuk 2

## Storage devices

### 2.1 Block devices

Block devices zijn opslagsystemen die data opslaan in blokken. Een hard-disk slaat data bijvoorbeeld op in blokken van 512-bytes en is dan ook een block device. Data die wordt weggeschreven naar een block device wordt dus eerst opgehakt in kleine vaste stukken en dan per block weggeschreven. Het tegenover gestelde systeem is een stream, daarin wordt data als één lange rij 1-en en 0-en weggeschreven. Bij een stream staat de data dus keurig netjes achter elkaar. Bij block devices kan de data verspreid staan over het opslag medium.

#### 2.1.1 Harddisks

Een harddisk is een device waar data op opgeslagen kan worden. De data wordt op platen (Engels: Platters, die voorzien zijn van een magnetische laag, weggeschreven. De platen draaien rond in een luchtdicht afgesloten behuizing met snelheden van 5400, 7200 of 10.000 rpm (rounds per minute). Een lees/schrijf-kop zet bij het schrijven de mini-magneetjes in een stand die over eenkomt met een 1 of een 0. Bij het lezen leest de kop de stand van de magneetjes uit en weet zo of er een 1 of 0 staat. Voor elke plaat in de behuizing zijn er twee lees/schrijf-koppen. Een plaat kan aan twee kanten (Engels: Surfaces beschreven en uitgelezen worden, dus zowel de bovenkant als de onderkant van de plaat wordt gebruikt voor data opslag.

Data wordt in concentrische cirkels, tracks, weggeschreven. Een hard-disk is een block-device en schrijft data dus weg in vast blokken, bijvoorbeeld 512-bytes. Omdat er meerdere platen in een harddisk kunnen zitten

en elke plaat 2 koppen heeft kan er dus data via verschillende koppen tegelijk gelezen en geschreven worden. Zo'n eenheid van data op dezelfde plek noemen we een cylinder.

De kop van een harddisk beweegt heen en weer tussen de draai-as en de rand van de platen zodat het gehele gebied van de platen gebruikt kan worden om data weg te schrijven. De afstand die de kop heeft van de rand van de disk bepaalt de track waarop de kop zich bevindt. Het is de attenuator die de kop verplaatst over de platen. De kop raakt de platen niet, er zit een klein stukje lucht tussen om te voorkomen dat de kop krasen op de surface maakt. Een track is verdeeld in sectoren. De sector is gelijk en synoniem aan de block grootte van de harddisk. Deze verdeling wordt gemaakt zodat bepaald kan worden waar data wordt weggeschreven (surface, track, sector).

Het verplaatsen van de head kost tijd en maakt een harddisk dus relatief traag. Door data tegelijk naar 1 cylinder te schrijven kunnen we de bewegingen van de kop minimaliseren en de data doorvoer maximaliseren.

### **2.1.2 SSD - Solid State Drive**

### **2.1.3 USB-sticks**

### **2.1.4 JBOD - Just a Bunch Of Disks**

JBOD is precies wat de naam zegt Just a Bunch Of Disks, ofwel gewoon een hoeveelheid disk. De oude IDE interface in de PC gaf je de mogelijkheid om maximaal 4 harddisks aan te sluiten in je machine. Met de eerst SCSI-interfaces waren dat er 7. Als je meer wilde gebruikte je een cabinet met disken. Omdat daar geen enkele intelligentie in zit moet je elke disk apart kenbaar maken op je systeem. Vandaar de naam Just a Bunch of Disks.

## **2.2 interfaces**

### **2.2.1 IDE - Integrated Drive Electronics**

### **2.2.2 SATA - Serial ATA**

### **2.2.3 SCSI - Small Computer Systems Interface**

SCSI is een parallele bus waaraan meerdere apparaten gekoppeld kunnen worden. Hoewel het meest gebruikt voor het aansluiten van opslagsyste-

men gebruikte bijvoorbeeld de Apple Macintosh deze interface in de jaren '80 en '90 ook om scanners en printers aan te sturen. De interface kan zowel intern als extern gebruikt worden om devices aan te sluiten op de HBA (Host Bus Adapter). De interne kabel was meestal een ribbon-kabel en de externe kabels waren meestal rond. In tegenstelling tot IDE kent SCSI een command-language waarmee de HBA kan communiceren met de aansloten apparaten.

Op een SCSI-bus worden de apparaten aan elkaar doorgelust, een zogenaamde daisy-chain (madeliefjes-ketting).

De SCSI bus moet getermineerd worden aan beide einden van de bus. Dus het eerste en het laatste device op de bus moeten voorzien zijn van een terminator (weerstandsblok). Dit kan gedaan worden door een terminator aan te sluiten, maar de meeste apparaten hebben ook een schakelaar waarmee de terminatie ge-enabled wordt.

SCSI kent verschillende standaarden die in de loop van de tijd zijn ontwikkeld en behalve voor SCSI-1 is er voor elke variant een "normale" en een "wide" variant. De normale-variant heeft IDs tussen 0 en 7 en de wide-variant heeft IDs tussen 0 en 15. De hoogste prioriteit op de SCSI-bus is ID 7, de HBA heeft meestal dit ID. De prioriteit loopt daarna af van 6 naar 0 en van 15 naar 8.

De traagste variant van SCSI maakt gebruik van de Single Ended (SE) techniek. Deze variant kan gemixed worden met de Low Voltage Differential (LVD) techniek, maar dan neemt de performance van de gehele bus af. LVD is de meest gebruikte techniek. De High Voltage Differential kan niet gemixed worden met de overige twee technieken, maar kan wel langere afstanden overbruggen dan de overige twee.

| Standard | Name                     | Bus width (bits) | Speed (MBps) | SE (m) | LVD (m) | HVD (m) |
|----------|--------------------------|------------------|--------------|--------|---------|---------|
| SCSI-1   | SCSI-1                   | 8                | 5            | 6      | -       | 25      |
| SCSI-2   | Fast SCSI                | 8                | 10           | 3      | -       | 25      |
|          | Fast-Wide SCSI           | 16               | 20           | 3      | -       | 25      |
| SCSI-3   | Ultra SCSI               | 8                | 20           | 1.5    | -       | 25      |
|          | Ultra wide SCSI          | 16               | 40           | -      | -       | 25      |
|          | Ultra2 SCSI              | 8                | 40           | -      | 12      | 25      |
|          | Ultra2 wide SCSI         | 16               | 80           | -      | 12      | 25      |
|          | Ultra3<br>Ultra 160 SCSI | 16               | 160          | -      | 12      | -       |
|          | Ultra 320 SCSI           | 16               | 320          | -      | 12      | -       |

SCSI kent een enorme variatie in connectoren.

FIXME: Connectoren CKP

#### **2.2.4 SAS - Serial Attached SCSI**

#### **2.2.5 USB - Universal Serial Bus**

# Hoofdstuk 3

## Bestandssystemen

Een hardeschijf heet een block device omdat data gelezen (en geschreven) kan worden in vaste groottes, genaamd blocks, sectors of clusters. Een block is meestal 512 bytes of een veelvoud daarvan. Je kan data rechtstreeks naar een block device sturen, maar meestal wordt een block device geformatteerd zodat er een bestandssysteem wordt aangemaakt. Een bestandssysteem is in het Engels een filesystem en daarvan bestaan er verschillende. Windows gebruikt tegenwoordig NTFS, maar vroeger het FAT-filesystem. Linux kent het extended filesystem (extfs), maar ook bijvoorbeeld BTRFS en Reiserfs. Apple gebruik het Apple File System (APFS).

Je kan geen Apple APFS disk lezen op een Windows systeem en ook geen Windows NTFS disk op de Mac. Onder Linux is NTFS-3G ontwikkeld en daarmee kan Linux NTFS disks lezen en schrijven. NTFS-3G is ook beschikbaar voor Mac OS X. Er is experimentele ontwikkeling gaande om ook APFS te ondersteunen onder Linux. FAT is op bijna elk systeem lees- en schrijfbaar, daar dit systeem al heel oud is en er voor bijna elk besturingssysteem wel drivers voor zijn.

### 3.1 FAT - File Allocation Table

### 3.2 Journaling filesystem



## **Hoofdstuk 4**

### **Backup**

#### **4.1 LTO - Linear Tape Open**





# Hoofdstuk 5

## RAID

Ook RAID kan als een vorm van virtualisatie beschouwd worden. Er worden 2 of meer disks samengevoegd tot voor het OS 1 zichtbare disk. De belangrijkste RAID versies zijn RAID 0, 1 en 5.

### 5.1 RAID0

Met behulp van RAID0 kan je van verschillende schijven één grote disk maken.

### 5.2 RAID1

RAID1 zorgt ervoor dat data die je opslaat 2 keer opgeslagen wordt. Je hebt er dan ook twee disken voor nodig. Op elke disk wordt een kopie van je bestand opgeslagen.

### 5.3 RAID5

RAID5 is een compromis tussen veiligheid van de data en de maximale opslagcapaciteit die aan de gebruiker beschikbaar gesteld kan worden.



## Hoofdstuk 6

# DAS en JBOD

Als je DAS of Direct Attached Storage googled kom je vaak uit bij een 19"-behuizing met disken. Deze kast heeft meestal een SCSI of SAS aansluiting. Via software wordt het systeem als een grote disk of als verschillende partities aangeboden aan een host. De controller die de disken aanstuurt is meestal een RAID controller zodat data redundant wordt opgeslagen. De "disken" die aan de host worden aangeboden hebben meestal geen enkel verband met de fysieke disken in de 19"-behuizing.

Ook als JBOD of Just a Bunch Of Disks googled kom je uit bij 19"-behuizingen met disken.

DAS en JBOD worden dan ook vaak door elkaar gebruikt. Sommigen maken het onderscheid door JBOD een oplossing zonder RAID te noemen en DAS een oplossing met RAID. In dit boek zullen we ons er verder niet zo druk om maken. Het is wel van belang dat je beide termen kent als aanduiding voor een systeem met veel disken.



# Hoofdstuk 7

## Network Fileserver

Desktop machines hebben een beperkte opslagcapaciteit en hebben weinig tot geen back-up mogelijkheden. Door de data te centraliseren op een fileserver kunnen we de capaciteit van de desktop uitbreiden zonder daar fysiek toegang tot te hebben. Daarnaast kunnen we de opgeslagen data op de fileserver eenvoudig centraal backupperen.

Een fileserver is een computer, server, in het netwerk die via een bepaald protocol bestanden aanbiedt aan gebruikers. In Microsoft Windows netwerken kan dit een SMB, Server Message Block, zijn en in een Linux omgeving bijvoorbeeld een NFS, Network File System, server zijn.

Het kenmerk van een fileserver is dat er een bepaald protocol (SMB, NFS) nodig is dat een bestandssysteem aanbiedt. Een gebruiker mount of mapped het filesysteem naar zijn lokale systeem en kan erop werken alsof het onderdeel is van zijn eigen machine.

### 7.1 NFS - Network File System

NFS stamt uit 1984 en is bedacht door Sun Microsystems. NFS is een netwerk bestandssysteem dat het mogelijk maakt om bestanden over het netwerk op een andere server te benaderen alsof het lokale bestanden zijn. Dit in tegenstelling met het tot dan toe veel gebruikte FTP waarbij je de een server actief moet benaderen om een bestand te downloaden voordat je het gebruiken kan.

NFS heeft twee protocollen, een om het bestandssysteem te koppelen (mount) en een om het gemounte bestandssysteem te benaderen (nfs). NFS gebruikt een aantal Remote Procedure Calls (RPCs) voor de toegang tot het bestandssysteem zoals het lezen en schrijven van bestanden.

NFS server houdt geen status bij van de clients, alleen welke client

welke share gemount heeft. De client moet dus bij elke opdracht alle gegevens meesturen. Dit heeft als groot voordeel dat je een NFS server kan herstarten zonder dat clients hiervan een verstoring ondervinden. Een nadeel is dat NFS dus niet zelf bijhoudt wie welk bestand benaderd en er dus twee gebruikers hetzelfde bestand kunnen schrijven. Het zogenaamde file-locking moet door een extern proces gebeuren (Network Lock Manager). Vanaf NFS 4 is locking wel een onderdeel van het protocol.

### 7.1.1 Security

Tot versie 4 kende NFS geen authenticatie methode. Toegang tot het bestandssysteem werd volledig overgelaten aan het onderliggende bestands-systeem zelf, dus de rechten op files en directories. NFS was dus alleen geschikt voor gebruik op een lokaal netwerk waar elke server en client over dezelfde gebruikersdatabase beschikt. Sinds versie 4 kan er gebruik gemaakt worden van kerberos voor authenticatie.

### 7.1.2 Interoperability

NFS is vanaf versie 2 (RFC1094) beschreven in RFCs en dus een open protocol dat door iedereen geïmplementeerd kan worden. Daarnaast is het een heel simpel protocol waardoor er voor bijna elk operating system een NFS client is en er is vaak ook een NFS server beschikbaar.

## 7.2 SMB - Server Message Block

SMB maakt het mogelijk om bestanden en printers te delen met het netwerk en heeft tevens een interproces communicatie mogelijkheid in de vorm van een door Microsoft ontwikkelde versie van RPC genaamd MS-RPC.

Het SMB-protocol stamt uit 1983 en was oorspronkelijk ontwikkeld bij IBM. Microsoft gebruikte een verder door ontwikkelde versie in zijn Windows Operating System. SMB1 die in 2003 ook bekend was onder de naam CIFS (Common Internet File System) was een erg chatty protocol, waardoor het veel bandbreedte in gebruik nam en dus niet erg geschikt was voor gebruik over Internet links. Voor het delen van lokale resources werd het echter veel gebruikt. SMB1 zou inmiddels niet meer gebruikt moeten worden omdat het vele kwetsbaarheden bevat. SMB2 verminderde de chattyness van het protocol

### 7.2.1 Security

Al vroeg in de geschiedenis van SMB1 (Windows NT4 service pack 3) kreeg SMB de mogelijkheid van SMB signing. Dit betekende dat van een packet de authenticiteit vastgesteld kon worden. Hiermee werd een man-in-the-middle attack bijna onmogelijk.

SMB 3.0 bracht end-to-end encryption en SMB 3.0.2 geeft je de mogelijkheid om SMB1 niet meer te ondersteunen.

### 7.2.2 Interoperability

Buiten de Microsoft wereld wordt SMB gebruikt in het SAMBA-project, wat een Open Source project is om Unix-achtige systemen zoals Linux te verbinden met de Windows-wereld. Ook Apple heeft zijn eigen SMB-protocol implementatie. Eerst werd SAMBA gebruikt, maar sinds OS X 10.7 gebruiken ze een eigen implementatie met de naam SMBX.

### 7.2.3 Roaming profiles

## 7.3 NAS - Network Attached Storage

Een NAS of een Network Attached Storage is eigenlijk een fileserver in een doosje. In de juiste termen heet het een appliance. Een appliance is hardware en software in één systeem, meestal met een webinterface voor de configuratie. Je koopt een functionaliteit en niet hardware, een os en applicaties. Een NAS appliance heeft een ethernet interface en kan je direct aan je netwerk verbinden en via dat netwerk stelt een NAS dan bijvoorbeeld een SMB Netwerk share ter beschikking.

### 7.3.1 Opdracht - TrueNAS

Vanaf juli 2021 bestaat de FreeNAS website niet meer en heet het product TrueNAS Core. TrueNAS core is beschikbaar vanaf de <https://www.truenas.com> website. Om te kunnen downloaden kan je inloggen met een social media account, je kan een e-mail adres achter laten of op de link 'No Thanks. Take me to the Download Page' klikken. Lees de hardware requirements en zoek daarbij de juiste hardware of maak een VM met de juiste specificaties. Hou er rekening mee dat je een disk hebt waarop TrueNAS komt te draaien en tenminsten één disk voor data opslag.

Download de ISO, koppel deze aan je VM of maak er een opstartbare USB-stick van als je eigen hardware gebruikt en installeer TrueNAS op je hardware danwel je VM. Op de download pagina staat een handleiding en een filmpje om je opweg te helpen.

Voeg tenminste één (virtuele) harddisk toe en benader je nieuwe NAS met een client computer zodat je data kan lezen en schrijven naar je TrueNAS machine.

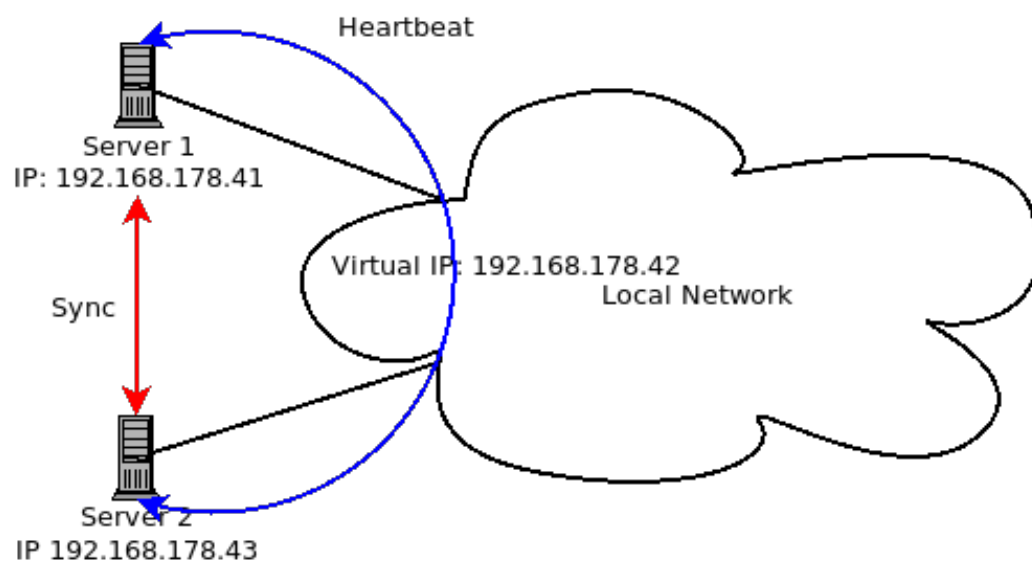
## 7.4 Failover in a Heartbeat

Om te zorgen dat bestanden ook beschikbaar zijn als een server uit valt is het noodzakelijk om een systeem redundant (dubbel) uit te voeren. Als dan de ene file server uit valt kan de andere zijn functie overnemen. De vraag is hoe de gebruiker, of beter hoe het systeem van de gebruiker, weet dat hij de server die hij gebruikte er niet meer is en hij gebruik moet maken van het vervangende systeem.

Binnen IP netwerken wordt dat gedaan door gebruik te maken van een zogenaamd virtueel IP adres. Je kan meer dan één IP adres toewijzen aan een netwerkkaart en dat is precies wat we gebruiken om failover te bereiken. We hebben 2 file servers die ieder hun eigen IP adres hebben en er is een IP adres dat ze "delen". Zolang er niets aan de hand is heeft één van de file servers ook het virtuele IP adres op zijn netwerk interface, dus deze server heeft op één netwerkkaart 2 IP adressen. Het virtuele IP adres is was wat de gebruikers gebruiken om naar de file server te verbinden. Als er een storing optreedt in server 1 dan merkt server 2 dat. Server 2 zet dan het virtuele IP adres op zijn netwerkkaart en alle vragen om bestanden komen bij server 2 uit (zie [7.1](#)).

Twee dingen zijn hierbij van belang, namelijk dat de data op server 1 gelijk is aan die op server 2. In figuur [7.1](#) synchroniseren server 1 en 2 over een (rode) ethernet cross-cable, op deze manier verstoort de synchronisatie niet de bandbreedte naar de gebruikers. Het andere dat van belang is is dat server 2 moet weten wanneer server 1 niet meer bereikbaar is. Dat laatste wordt bereikt met een heartbeat, zeg maar een soort ping waarbij de servers elkaar in de gaten houden. Als server 2 de heartbeat van server 1 niet meer hoort dan neemt het virtuele IP adres over. De heartbeat kan over een speciale kabel gaan of over de al bestaande netwerken tussen de twee servers.





Figuur 7.1: File Server Failover



## Hoofdstuk 8

# SAN - Storage Attached Network

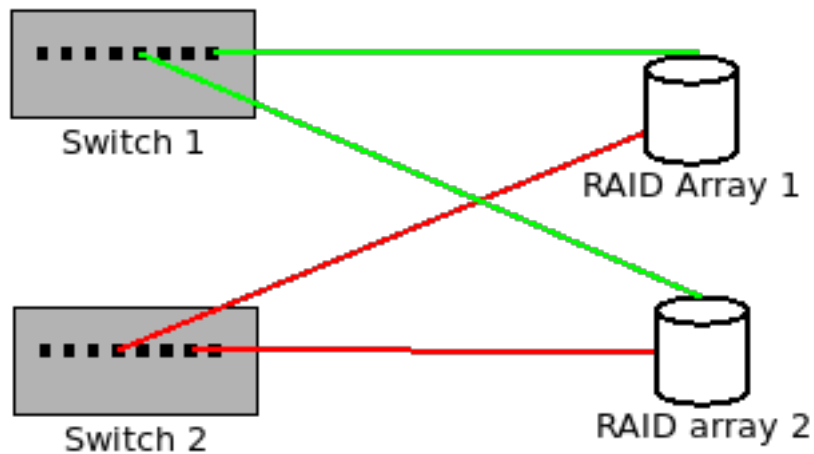
Een Storage Attached network is zoals de naam al zegt een netwerk van storage systemen. Dit netwerk maakt het mogelijk de totale opslag te delen met verschillende servers. Zo kan er efficiënter met de ingekochte storage om gegaan worden en kan een beheerder makkelijk de storage van de ene host omzetten naar een andere host.

De meest gebruikte technieken op een storage netwerk zijn Fibre Channel en iSCSI (met Ethernet). Hoewel de onderliggende technieken verschillen is er niet veel verschil in hoe een SAN opgezet moet worden. We zullen dan ook eerst de logische opbouw van een SAN bespreken voordat we ingaan op Fibre Channel en iSCSI.

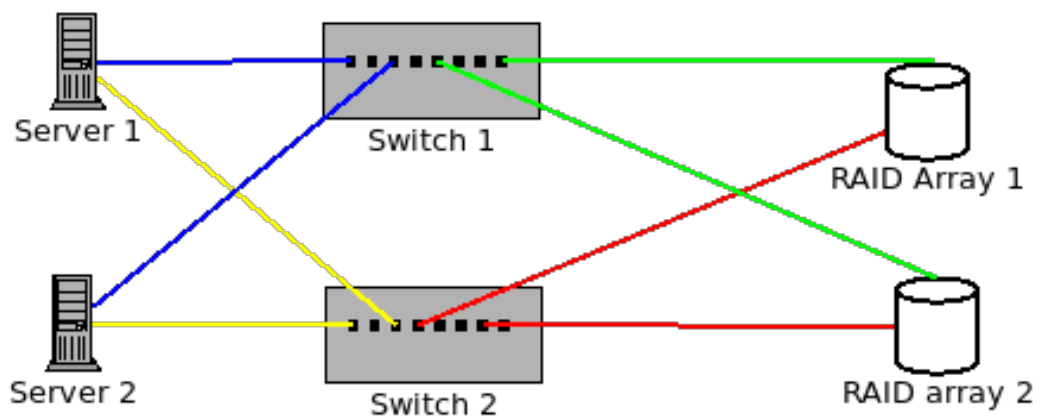
### 8.1 Redunantie

Een van de belangrijkste criteria bij het bouwen van een SAN is de redundantie. Servers kunnen stuk, switches kunnen stuk, disken kunnen uitvallen en kabels kunnen kapot gaan. Het is dus noodzakelijk dat elke verbinding minimaal dubbel is uitgevoerd. Dat betekent voor de switches in een SAN dat er minimaal twee moeten zijn die kruislings met de opslagsystemen verbonden zijn (zie [8.1](#)).

De opslagsystemen en het SAN netwerk zijn op deze manier volledig redundant uitgevoerd. Als we willen dat gebruikers ook veilig bij hun systemen kunnen dan moeten we de frontend servers (meestal fileservers) ook redundant uitvoeren. Dus ook de servers moeten kruislings worden aangesloten (zie [8.2](#)).



Figuur 8.1: SAN Cross connected storage



Figuur 8.2: SAN Cross connected File Servers

## 8.2 Fibre Channel

Fibre Channel draait over glasvezel, dit maakt het voor veel bedrijven onaanvaardbaar omdat de meeste bedrijven een koper infrastructuur met ethernet hebben liggen. Het voordeel van glas zijn hogere snelheden en de veel langere afstanden die overbrugd kunnen worden. De eerste standaard verscheen in 1993 en de laatste standaard, 256GFC stamt uit 2019. Fibre Channel is een netwerk protocol, OSI layers 1 t/m 4, waarover nog commando's gestuurd moeten worden om disken aan te sturen. Het meest gebruikte protocol daarvoor is SCSI.

| Naam       | Lijnsnelheid<br>(gigabaud) | Throughput<br>(MB/s) |
|------------|----------------------------|----------------------|
| 133 Mbit/s | 0,1328125                  | 12,5                 |
| 266 Mbit/s | 0,265625                   | 25                   |
| 1GFC       | 1,0625                     | 100                  |
| 2GFC       | 2,125                      | 200                  |
| 4GFC       | 4,25                       | 400                  |
| 8GFC       | 8,5                        | 800                  |
| 10GFC      | 10,51875                   | 1.200                |
| 16GFC      | 14,025                     | 1.600                |
| 32GFC      | 28,05                      | 3.200                |
| 64GFC      | 28,9                       | 6.400                |
| 128GC      | 28,05 x 4                  | 12.800               |
| 256GFC     | 28,08 x 4                  | 25.600               |

### 8.3 iSCSI

iSCSI is een methode om de SCSI commando's over een IP netwerk te versturen. De i staat dan ook voor Internet. Ethernet switches worden gebruikt om het netwerk op te zetten waarover TCP/IP en iSCSI gebruikt wordt om disken of partities te delen. Het is uitgevonden door Cisco en IBM en als standaard ingediend in 2000.

Het is mogelijk om iSCSI ook over het Internet te gebruiken, maar meestal wordt het gebruikt over geïsoleerde netwerken om de optimale performance uit het netwerk te halen en om de veiligheid van het SAN te waarborgen omdat standaard iSCSI geen encryptie gebruikt over het netwerk.

Clients (initiators) praten met storage devices (targets) door over een netwerk, meestal ethernet, SCSI commando's te sturen. Er zijn geen partities in SCSI, maar LUNs: Logical Unit Numbers. Een SCSI initiator praat met een target en adresseert daarbij een LUN, wat een disk of een partitie zijn kan, maar ook een RAID5 oplossing. Voor SCSI is het alleen maar van belang dat het praat met een LUN en het is niet van belang wat er onder de motorkap gebeurt. Daarmee is een LUN een virtueel opslag systeem.

iSCSI kan een software matige oplossing zijn, wat betekent dat de initiator en/of de target volledig als software op het systeem aanwezig is of er kan sprake zijn van een HBA (host bus adapter) die speciaal voor iSCSI gemaakt is. Er is ook nog een tussen oplossing en dat is een iSCSI offload engine. De engine neemt dan het iSCSI protocol voor zijn rekening en zorgt ervoor dat het OS het minder druk krijgt. De HBA is vaak de duur-

ste, maar ook de snelste oplossing en een complete software oplossing, zeker als dat met open source software is, is de goedkoopste oplossing.

# Hoofdstuk 9

## Object Storage

Met het groeien van filesystemen wordt het steeds moeilijker om data aan te bieden. Op het moment dat we honderden terabytes of zelfs petabytes aan opslag hebben hebben we ook enorm veel bestanden. Mensen verdelen de data die zij opslaan niet evenredig over een bestandssysteem, sommige mappen bevatten veel bestanden en andere heel weinig. Het indexeren van al deze bestanden, als we bijvoorbeeld een listing opvragen van het bestandssysteem, duurt met de groei van het systeem steeds langer. De oplossing voor dit probleem is het niet meer gebruik maken van een bestandssysteem, maar van andere technieken. Een van die technieken is het gebruik van object storage.

Object storage wordt voornamelijk gebruikt als backend voor applicaties. Als je een bestand in een object storage systeem opslaat krijg je van het systeem een ID terug. Meestal in de vorm van een URL, bijvoorbeeld: `https://my.nextcloud.local/index.php/s/xLiiLba2gximHBt` Dit is een verwijzing naar het object op het systeem. Zoals je kan zien is dit niet lekker makkelijk te onthouden, vandaar dat dit vaak door applicaties gebruikt wordt, die dan een database gebruiken om een relatie te leggen tussen het object en het door de gebruiker opgeslagen bestand.





# Hoofdstuk 10

## Web storage

Een oplossing voor het object storage probleem is door gebruik te maken van het web of zoals dat tegenwoordig heet de cloud om je data in op te slaan. De webbrowser dient als frontend voor het opslagsysteem en het maakt dan niet meer uit wat we gebruiken als storage.

### 10.1 webdav

Het oorspronkelijke idee van het World Wide Web (WWW) was om bestanden met elkaar te delen en er gezamenlijk aan te kunnen werken. Het werd echter een alleen lezen systeem tot in 1996 Jim Whitehead het W3C overtuigde om een paar sessies te houden over de mogelijkheid van het schrijven van documenten. Daaruit kwam WebDAV voort wat staat voor Web-based Distributed Authoring and Versioning. Kort gezegd komt het erop neer dat WebDAV een protocol is om documenten te schrijven en de voorzien van een versie. Dat versioning bleek echter voor de eerste versie te ingewikkeld en men concentreerde zich op het gezamenlijk werken aan documenten. Later is er alsnog een versioning standaard gekomen.

WebDAV voegt een aantal request methods toe aan HTTP zodat het gebruikt kan worden als bestandssysteem voor lezen en schrijven. De "methodes" die WebDAV toevoegt zijn:

1. PROPFIND haalt de XML properties van een object op. Dit kan ook een complete filesystem tree zijn.
2. PROPPATCH wijzig 1 of meer properties van een object in 1 actie
3. MKCOL maakt een collectie aan, een collectie kan een map of directory zijn

4. COPY kopieert een object van een URI naar een ander
5. MOVE hernoemt een object van een URI naar een ander
6. LOCK vergrendel een object
7. UNLOCK ontgrendel een object

De functie om een bestand te schrijven naar een webserver bestond al in de PUT-methode.

## **10.2 Amazon S3 bucket**

## **10.3 Google Drive**

## **10.4 One Drive & Microsoft Azure BLOB**

# Index

- Amazon S3 bucket, 28
- ATA, 4
- Attenuator, 4
  - Harddisk, 4
- Azure BLOB, 28
- Backup, 9
- Block, 3
  - Harddisk, 3
- Block devices, 3
- DAS, 13
- Direct Attached Storage, 13
- Fibre Channel, 22
- FTP, 15
- Google drive, 28
- Harddisk, 3
- IDE, 4
- Integrated Drive Electronics, 4
- iSCSI, 23
- JBOD, 4, 13
- Just a Bunch Of Disks, 4, 13
- Linear Tape Open, 9
- LTO, 9
- NFS, 15
- Object storage, 25
- One drive, 28
- Parallel Advanced Technology
  - Attachement, 4
- PATA, 4
- Platter
  - Harddisk, 3
- RAID, 11
- RAID0, 11
- RAID1, 11
- RAID5, 11
- Roaming profiles, 17
- RPC, 15
- RPM, 3
  - Harddisk, 3
- SAN, 21
- SAS, 6
- SATA, 4
- SCSI, 4
- Sector, 4
  - Harddisk, 4
- Serial ATA, 4
- Serial Attached SCSI, 6
- Small Computer Systems
  - Interface, 4
- SMB, 16
- Solid State Drive, 4
- SSD, 4
- Storage Attached Network, 21
- Surface

- Harddisk, 3
- Track, 3
  - Harddisk, 3
- Universal Serial Bus, 6
- USB, 6
- USB-sticks, 4
- Web storage, 27
- Webdav, 27